

Лабораторная работа № 10

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И СИЛОВЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ФРИКЦИОННЫХ ПЕРЕДАЧ

Цель работы: изучение конструкции и принципа работы фрикционных передач; нахождение фактических передаточных отношений, коэффициента скольжения и КПД фрикционной передачи при разных условиях работы.

Приборы и инструменты: установка ДП-1К, секундомер.

Подготовка к выполнению лабораторной работы: ознакомиться с теоретическим материалом по фрикционным передачам и вариаторам [1, с. 114–118; 2, с. 209–215; 3, с. 97–106].

1. Общие сведения

Фрикционные передачи относятся к передачам непосредственного контакта, у которых движение от ведущего звена к ведомому передается за счет сил трения.

Условие работоспособности передачи:

$$F_f > F_t, \quad (10.1)$$

где F_t – передаваемая окружная сила; F_f – сила трения в месте контакта катков.

Нарушение этого условия приводит к буксованию передачи и интенсивному износу рабочих поверхностей катков. Поэтому для создания необходимой силы трения F_f катки прижимают один к одному с силой

$$F_r = \frac{F_f}{f}, \quad (10.2)$$

где f – коэффициент трения между катками.

Прижимная сила определяется как

$$F_r = \frac{k \cdot F_t}{f}, \quad (10.3)$$

где k – коэффициент запаса сцепления, вводимый для предупреждения буксования катков от перегрузок, в особенности в период пуска, и зависит от режима работы.

Фрикционные передачи подразделяются на нерегулируемые (с практически постоянными передаточными отношениями) и регулируемые (вариаторы), у которых передаточные отношения можно изменять плавно при постоянной скорости ведущего вала (бесступенчатое

регулирование).

Преимущества фрикционных передач: простота конструкции и обслуживания; равномерность и бесшумность работы; возможность бесступенчатого регулирования передаточных отношений, причем на ходу, без остановки передачи; отсутствие аварий при перегрузках на ведомом валу.

Недостатки фрикционных передач: интенсивное и неравномерное изнашивание рабочих поверхностей катков особенно при буксовании; большие нагрузки на валы и подшипники от прижимной силы F_r , что делает передачу громоздкой и ограничивает передаваемую мощность; непостоянное передаточное отношение из-за проскальзывания катков.

В передаче с цилиндрическими катками передаточные отношения определяются как

$$U = \frac{w_1}{w_2} = \frac{D_2}{D_1(1-\varepsilon)} \approx \frac{D_2}{D_1}, \quad (10.4)$$

где w_1, w_2 – угловые скорости ведущего и ведомого катков; D_1 и D_2 – диаметры катков; ε – коэффициент скольжения ($\varepsilon = 0,005-0,03$).

Главной характеристикой вариатора является диапазон регулирования, равный отношению максимальной угловой скорости $w_{2\max}$ ведущего катка к его минимальной угловой скорости $w_{2\min}$:

$$D = \frac{w_{2\max}}{w_{2\min}} = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{R_{2\max}}{R_{2\min}} = U_{\max}^2. \quad (10.5)$$

Как правило, для одноступенчатого вариатора $D=3-8$.

2. Описание установки

Установка ДП-1К (рис. 10.1, а) состоит из литого основания 1, на котором установлены кронштейн 6 электродвигателя 2, кронштейн 4, с закрепленными на нем червячным редуктором 3, фрикционным вариатором (рис. 10.1, б) и рамой 9 ведомого вала вариатора 30 с нагрузочным устройством 5 и панели управления.

Узел электродвигателя установлен на литом кронштейне 6. Статор (корпус) электродвигателя в подшипниках свободно вращается вокруг якоря электродвигателя 2, который, в свою очередь, установлен в подшипниках, закрепленных в опорах кронштейна 6. Ротор электродвигателя через упругую муфту 7 связан с ведущим валом червячного редуктора 3.

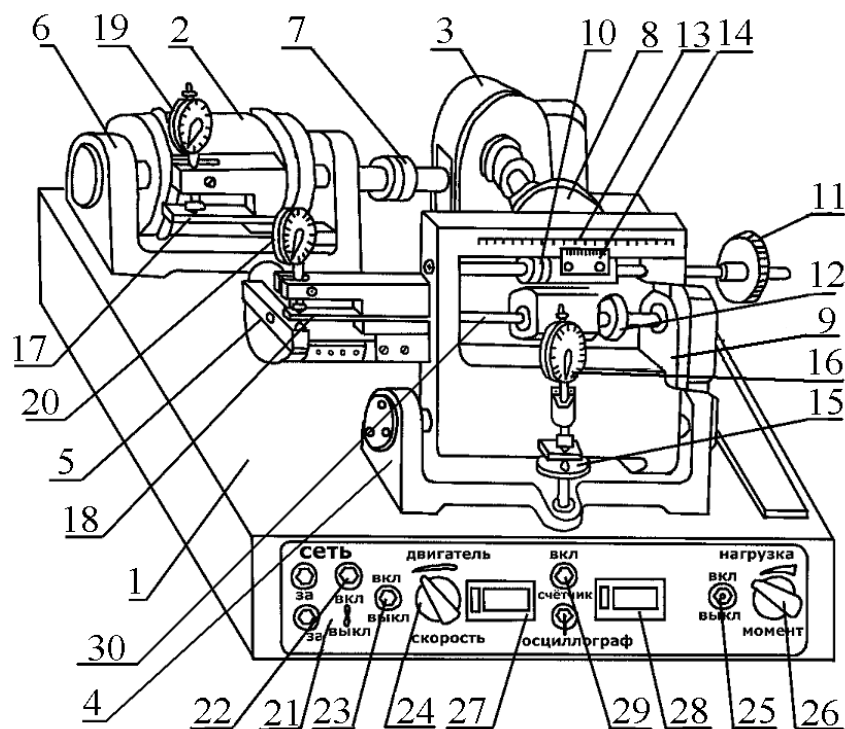


Рис. 10.1 Экспериментальная установка ДП-1К

На ведомом валу редуктора установлен сменный диск фрикционной передачи 8 (рис. 10.1, б). Диск, изготавливаемый из стали, текстолита или твердой резины, передает крутящий момент за счет сил трения ролику 12. Ролик установлен на валу 30. Бесступенчатое регулирование скорости вращения ведомого вала 30 осуществляется за счет изменения положения ролика относительно центра диска 8 (расстояние R). Данная конструкция вариатора позволяет изменять

направление (реверсирование) вращения выходного вала.

Ведомый вал фрикционной передачи закреплен на раме 9, установленной в шарикоподшипниковых опорах кронштейна 4. Сверху рамы 9 параллельно ведомому валу 30 расположен ходовой винт 10. При вращении ходового винта маховиком 11 ролик 12, установленный на валу 30, перемещается, изменяя свое положение относительно центра диска 8 фрикционной передачи. Положение ролика определяется по шкале 13 с помощью нониуса 14.

На ведущем валу редуктора 3 и ведомом валу 30 фрикционной передачи установлены коллекторы устройств, предназначенных для подачи управляющих импульсов на счетчики оборотов 27 и 28.

Сила прижима ролика 12 к диску 8 регулируется винтом 15. Значение текущей величины силы определяется по показаниям индикатора 16.

Нагрузочное устройство 5 прикреплено к левой стенке рамы 9, вал которого через эластичную муфту соединяется с ведомым валом 30 фрикционной передачи. Конструкция и принцип работы нагрузочного устройства представлено в лабораторной работе № 6, п. 2.

Измерительные устройства динамометрического типа установлены на кронштейнах электродвигателя 2 и нагрузочного устройства 5. Они состоят из пружин 17, 18 и индикаторов часового типа 19, 20, которые упираются своими штоками в пружины 17, 18. Пружины измерительных устройств первоначально проградуированы, и их деформации относительно стрелок индикатора показывают величину реактивных крутящих моментов, которые определяются по формулам.

На панели управления расположены: тумблер включения и выключения установки 21, сигнальная лампочка включения 22, тумблер двигателя 23, ручка 24 потенциометра, который позволяет бесступенчато регулировать число оборотов электродвигателя; тумблер для включения нагрузочного устройства 25; ручка потенциометра, который позволяет регулировать ток в электромагните нагрузочного устройства 26, счетчик импульсов для измерения числа оборотов диска 27 и ролика 28 фрикционной передачи, тумблер включения цепи измерения числа оборотов 29.

Установка работает от электросети переменного тока напряжением 220 В.

3. Порядок выполнения работы

Установка ДП-1К предназначена для нахождения фактических

передаточных отношений U_f , коэффициента скольжения ε и КПД звена редуктор – фрикционная передача η при различных условиях работы (различные силы прижатия ролика к диску F , геометрические передаточные отношения U_z , определяемые величиной R , – расстоянием от точки контакта ролика с диском до центра диска, и величины тормозного момента $T_{тор}$).

а) Составить кинематическую схему установки, используя условные обозначения, представленные в прил. 1.

б) Винтом 15 подвести ролик 12 к диску 8 так, чтобы тонкий лист бумаги, проложенный между ними, был поджат роликом и мог свободно перемещаться при приложении небольшого усилия.

в) Установить стрелки индикаторов 16, 19 и 20 на нулевое положение.

г) По шкале 13 с помощью нониуса 14 установить (по согласованию с преподавателем) положение ролика 12 относительно центра диска 8 (расстояние R , рис. 10.1, б), вращая маховик 11 ходового винта 10.

д) По индикатору 16 с помощью винта 15 установить величину усилия прижима ролика к диску $F=10$ Н. Количество делений индикатора определить по формуле

$$n = 870,7F - 1,9535.$$

е) Тумблером 21 включить установку, при этом загорится сигнальная лампа 22.

ж) Ручки потенциометров регулирования частоты вращения вала электродвигателя 24 и тока нагрузочного устройства 26 установить в крайнее левое положение.

з) Тумблером 23 включить электродвигатель.

и) Поворотом ручки потенциометра 24 вправо установить на индикаторе 19 заданный момент на валу электродвигателя $T_{дв}$ (по согласованию с преподавателем от 0 до 0,2 Н·м). Количество делений индикатора определить по формуле

$$n = 1000T_{дв}.$$

к) Тумблером 25 включить нагрузочное устройство.

л) Поворотом ручки потенциометра 26 вправо установить на индикаторе 20 величину крутящего (тормозного) момента $T_{тор}$ (по согласованию с преподавателем от 0 до 0,05 Н·м). Количество делений индикатора определить по формуле

$$n = 157,68T_{тор} + 0,1554.$$

м) Включить одновременно секундомер и тумблер 29 для опре-

деления числа оборотов диска 8 и ролика 12 фрикционной передачи.

н) По истечении 5 мин работы выключить тумблер 29.

о) Количество оборотов диска 8 определить по показаниям счетчика 27 и занести в табл. 10.1.

п) Количество оборотов ролика 12 определить по показаниям счетчика 28 и занести в табл. 10.1.

р) Выключить тумблеры 25, 23 и 21. Сбросить показания счетчиков 27 и 28.

с) Повторить пп. д–р, увеличивая последовательно усилие прижима ролика к диску до значения $F = 25, 50, 75$ и 100 Н.

т) Определить фактическое передаточное число U_{ϕ} фрикционной передачи по формуле

$$U_{\phi} = \frac{n_{\text{рол}}}{n_{\text{диска}}},$$

где $n_{\text{рол}}$ – частота вращения ролика, мин^{-1} , определяемая по формуле

$$n_{\text{рол}} = \frac{N_{\text{рол}}}{15},$$

где $N_{\text{рол}}$ – количество импульсов по счетчику 28 от контактного устройства на валу ролика за 5 мин работы; $n_{\text{диска}}$ – частота вращения диска, мин^{-1} , определяемая по формуле

$$n_{\text{диска}} = 0,02N_{\text{диска}},$$

где $N_{\text{рол}}$ – количество импульсов по счетчику 28 от контактного устройства на входном валу редуктора за 5 мин работы.

Полученные значения занести в табл. 10.1. Построить график зависимости фактического передаточного числа U_{ϕ} от силы прижима F ролика к диску.

у) Определить коэффициент скольжения ε по формуле

$$\varepsilon = 1 - \frac{U_{\phi}}{U_{\text{геом}}},$$

где $U_{\text{геом}}$ – геометрическое передаточное число фрикционной передачи

$$U_{\text{геом}} = \frac{R}{r},$$

где R – расстояние от точки контакта ролика с диском до центра диска, м; r – радиус ролика, м ($r = 27,5$ мм).

Результаты расчета занести в табл. 10.1. Построить график зависимости коэффициента скольжения ε от силы прижима F ролика к диску.

Таблица 10.1

Наименования определяемых величин	Результаты измерений или расчета при силе F прижатия ролика к диску				
	10 Н	20 Н	30 Н	40 Н	50 Н
Количество импульсов по счетчику за 5 мин работы на валу ролика $N_{рол}$					
Частота вращения ролика $n_{рол}$, мин ⁻¹					
Количество импульсов по счетчику за 5 мин работы на валу диска $N_{диска}$					
Частота вращения диска $n_{диска}$, мин ⁻¹					
Частота вращения ведущего вала редуктора $n_{ред}$, мин ⁻¹					
Крутящий момент на валу электродвигателя $T_{дв}$, Н·м					
Крутящий момент на валу ролика $T_p = T_{тор}$, Н·м					
Фактическое передаточное число фрикционной передачи U_f					
Коэффициент проскальзывания фрикционной передачи ε					
КПД звена редуктор – фрикционная передача η					

ф) Определить коэффициент полезного действия η звена редуктор – фрикционная передача по формуле

$$\eta = \frac{T_{тор} n_{рол}}{T_{дв} n_{ред}},$$

где $T_{тор}$ – момент на валу ролика, создаваемый нагрузочным устройством, Н·м; $T_{дв}$ – момент на валу электродвигателя, Н·м; $n_{ред}$ – частота вращения входного вала редуктора, мин⁻¹, определяемая по формуле

$$n_{ред} = \frac{N_{ред}}{5}.$$

Результаты расчета занести в табл. 10.1. Построить график зависимости КПД η от силы прижима F ролика к диску.

4. Содержание отчета

Отчет должен содержать: название и цель работы; краткое описание устройства и работы установки ДП-1К; кинематические схемы установки и фрикционной передачи; табл. 10.1; графики зависимостей фактического передаточного числа U_{ϕ} , коэффициента скольжения ε , КПД звена редуктор – фрикционная передача η от силы прижима ролика к диску F ; выводы.

5. Контрольные вопросы

1. Преимущества и недостатки фрикционных передач.
2. Условия работоспособности фрикционных передач.
3. Какую фрикционную передачу называют вариатором?
4. При каких величинах передаточных отношений ведомый вал вращается: а) с той же скоростью, что и ведущий; б) медленнее; в) быстрее?
5. Какими силами передается крутящий момент и от чего он зависит?
6. Как находятся фактические передаточные отношения передачи?
7. Как влияют величины нагрузки $T_{тор}$, коэффициент скольжения и передаточные отношения на величину КПД передачи?